

Requested Patent: JP2000228890A
Title: BRUSHLESS MOTOR ;
Abstracted Patent: JP2000228890 ;
Publication Date: 2000-08-15 ;
Inventor(s): ITO MOTOYA; MOROTO KIYONORI ;
Applicant(s): DENSO CORP ;
Application Number: JP19990108226 19990415 ;
Priority Number(s): JP19990108226 19990415; JP19980342415 19981202 ;
IPC Classification: F02M37/08; H02P6/08; F04C15/00; F04D5/00; H02K29/00 ;
Equivalents: ;

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a brushless motor capable of reducing the cost of a drive circuit and reducing switching noise. SOLUTION: A five-phase brushless motor is energized at a four-phase armature coil by switching MOSFETs 36-45 using a parallel path. The current passing through the MOSFETs 36-45 becomes one half that of the conventional three-phase full-wave driven system, so that the respective MOSFETs 36-45 can use an inexpensive element having lower current capacity. When exciting phases are switched, one of two exciting phases is turned off at one exciting path of the parallel paths, and one non-exciting phase is turned on. As a result, the change in the total current of the motor become low in switching exciting phases, so as to reduce the switching noise. When required rotation speed is low, the motor torque is reduced to cause the rotational speed of the motor to be reduced by energizing only two-phase armature coil (two-phase energization). As a result, the rotational speed of the motor can be made variable without conducting PWM control.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-228890

(P2000-228890A)

(43)公開日 平成12年8月15日 (2000.8.15)

(51)Int.Cl.¹

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 02 P 6/08

H 02 P 6/02

371A

F 04 C 15/00

F 04 C 15/00

L

F 04 D 5/00

F 04 D 5/00

B

H 02 K 29/00

H 02 K 29/00

Z

// F 02 M 37/08

F 02 M 37/08

E

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全8頁)

(21)出願番号

特願平11-108226

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 伊藤 元也

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72)発明者 関戸 清規

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(74)代理人 100098420

弁理士 加古 宗男

(31)優先権主張番号 特願平10-342415

(32)優先日 平成10年12月2日 (1998.12.2)

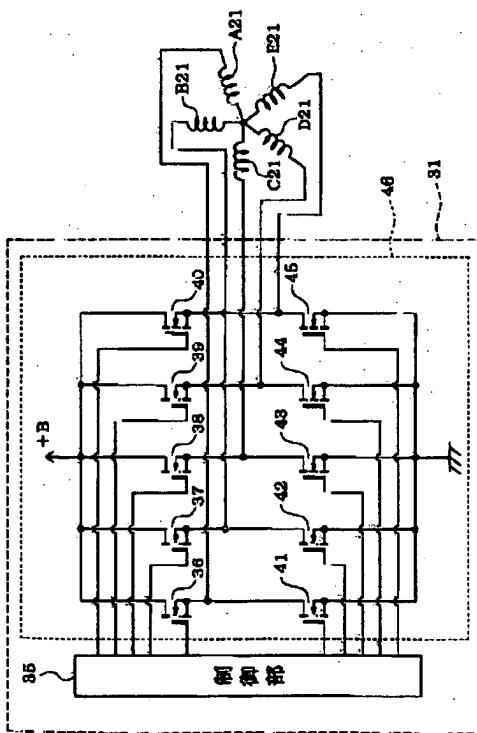
(33)優先権主張国 日本 (JP)

(54)【発明の名称】 ブラシレスモータ

(57)【要約】

【課題】 駆動回路の低コスト化とスイッチングノイズ減少を実現する。

【解決手段】 5相のブラシレスモータにおいて、MOSFET 36～45のスイッチングにより4相の電機子コイルに並列経路で通電する。これにより、MOSFET T36～45に流れる電流が従来の3相全波駆動方式の1/2となるため、各MOSFET 36～45は電流容量の小さい安価な素子を使用できる。通電相切換時には、並列経路の一方の通電経路において、それまでの2つの通電相のうちの1つをオフし、それまでの1つの非通電相をオンするように切り換える。これにより、通電相切換時のモータ全電流の変化が小さくなり、スイッチングノイズが小さくなる。一方、要求回転数が低い時は、2相の電機子コイルのみに通電(2相通電)することで、モータトルクを低下させてモータ回転数を低下させる。これにより、PWM制御することなく、モータ回転数を可変できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 各相の電機子コイルを装着したステータとマグネットロータとを対向させ、前記各相の電機子コイルへの通電を順次切り換えることで前記マグネットロータを回転駆動するブラシレスモータにおいて、4相以上の電機子コイルを備え、通電する複数相の電機子コイルに並列経路で電流を流すようにスイッチング素子を接続し、前記マグネットロータの回転位置に応じて通電相を切り換える際にその切り換えの前後で通電相をオーバーラップさせるように前記スイッチング素子のスイッチング動作を制御する駆動制御手段を設けたことを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項2】 前記駆動制御手段は、要求モータ出力に応じて通電相の相数を変更するように前記スイッチング素子のスイッチングタイミングを切り換えることを特徴とする請求項1に記載のブラシレスモータ。

【請求項3】 前記駆動制御手段は、モータ起動時及び又は過負荷時に、電流が流れる経路のコイル抵抗値を増加させるように前記スイッチング素子のスイッチングタイミングを切り換えることを特徴とする請求項1又は2に記載のブラシレスモータ。

【請求項4】 前記駆動制御手段は、通電相の相数を偶数とするように前記スイッチング素子のスイッチング動作を制御することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項5】 前記電機子コイルの相数は、5相以上の奇数相であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項6】 全てのスイッチング素子は、1つのICチップに組み込まれていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項7】 前記マグネットロータの極数Pと前記ステータの極数Mとモータ相数xとの関係は、

$\{(x-1)/x\}M \leq P \leq \{(x+1)/x\}M$
(但しPは偶数、xは4以上の整数)に設定されていることを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項8】 前記ステータの極数Mはモータ相数xの偶数倍に設定され、前記マグネットロータの極数Pは $4 \times m$ (但し m は自然数) に設定されていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【請求項9】 車両の燃料ポンプの駆動モータとして用いられるることを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載のブラシレスモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、各相の電機子コイルへの通電をスイッチング素子により順次切り換えてマ

グネットロータを回転駆動するブラシレスモータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来のブラシレスモータは、例えば図7に示すような3相全波駆動方式のブラシレスモータが多い。この3相全波駆動方式は、マグネットロータ (図示せず) の回転位置に応じて6個のMOSFET 2~7を順次スイッチングして、U相、V相、W相の3相の電機子コイル U8, V8, W8への通電を順次切り換えて、3相のうち2相の電機子コイルに通電することで、マグネットロータを回転駆動するようにしている。つまり、マグネットロータの回転位置に応じて、通電相を U相と V相、V相と W相、W相と U相の3通りの組み合わせに切り換えるようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記3相全波駆動方式のブラシレスモータでは、電源 (+B) から2相の電機子コイルに直列経路で電流が流れるため、モータに流れる全電流 (以下「モータ全電流」という) が順次MOSFET 2~7に流れる。このため、MOSFET 2~7は、モータ全電流に耐え得る電流容量の大きい高価な素子が必要となり、低コスト化の要求を満たすことができない。しかも、2相の電機子コイルに直列経路で通電されるため、通電相の切換直後に、それまで通電されていなかった相の電機子コイルに通電を開始する際に発生する逆起電力により、瞬間に電流が0となってから2相の電機子コイルに流れ始める。このため、通電相切換時のモータ全電流の変化が大きくなり、これがスイッチングノイズを大きくする原因となっている。

【0004】 本発明はこのような事情を考慮してなされたものであり、従ってその目的は、スイッチング素子の低コスト化とスイッチングノイズの減少とを実現することができるブラシレスモータを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明の請求項1のブラシレスモータは、4相以上の電機子コイルを備え、駆動制御手段によって、通電する複数相の電機子コイルに並列経路で電流を流すようにスイッチング素子を接続すると共に、駆動制御手段によってマグネットロータの回転位置に応じて通電相を切り換える際にその切り換えの前後で通電相をオーバーラップさせるようにスイッチング素子のスイッチング動作を制御する。

【0006】 つまり、複数相の電機子コイルに2つの通電経路で電流を並列に流せば、各スイッチング素子に流れる電流が従来よりも少なくなり、その分、スイッチング素子の電流容量を小さくすることができ、低コスト化できる。しかも、通電相の切り換えの前後で通電相をオーバーラップさせるように切り換えれば、通電相切換時に、一方の通電経路の通電相のみが切り換えられるだけ

であり、これと並列となる他方の通電経路は、通電相が切り換えられず、コイル電流は変化しない。このため、通電相切換時のモータ全電流の変化が従来の3相全波駆動方式より小さくなり、スイッチングノイズを小さくすることができる。また、電流が0となる瞬間がないため、トルクリップルを小さくすることができる。

【0007】ところで、モータ回転数の制御は、特開平9-42096号公報に示すようにスイッチング素子のオン／オフのデューティ比をPWM方式で制御して、モータ電流を制御して回転数制御を行うことが提案されている。しかし、PWM制御では、スイッチング素子を高速でスイッチングするため、高周波のスイッチングノイズが発生するという問題があり、例えば、車両の燃料ポンプの駆動モータに適用すると、PWM制御による高周波のスイッチングノイズによって、ラジオの音声に雑音が入ったり、他の車載電子部品が誤作動するおそれがある。

【0008】そこで、請求項2のように、要求モータ出力に応じて通電相の相数を変更するようにスイッチング素子のスイッチングタイミングを切り換えるようにすると良い。つまり、要求モータ出力に応じて通電相の相数を変更すると、電流が流れる経路のコイル抵抗値が変化してコイル電流が変化し、モータトルクが変化する。これにより、PWM制御することなく、モータ回転数を可変することができて、高周波のスイッチングノイズの発生を防止でき、高周波のスイッチングノイズの問題を解消することができる。

【0009】また、モータ起動時や過負荷時には、大きなコイル電流が流れ、スイッチング素子にも大電流が流れため、スイッチング素子にかかる負担が大きくなる。このような事情を考慮して、請求項3のように、モータ起動時及び／又は過負荷時に、電流が流れる経路のコイル抵抗値を増加させるようにスイッチング素子のスイッチングタイミングを切り換えるようにすると良い。このようにすれば、モータ起動時及び／又は過負荷時に、コイル抵抗値の増加によってコイル電流が制限され、スイッチング素子に流れる電流が制限される。このため、電流容量の小さいスイッチング素子を使用しても、モータ起動時や過負荷時にスイッチング素子に流れる電流を定格容量以下に抑えることができて、スイッチング素子を保護することができる。

【0010】また、請求項4のように、通電相の相数を偶数とするとスイッチング素子のスイッチング動作を制御すると良い。このように、通電相の相数を偶数とすれば、並列経路の一方の通電経路のコイル数と他方の通電経路のコイル数をそれぞれ同数とすることができます、2つの通電経路のコイル抵抗値、コイル電流を同一にすることことができ、ブラシレスモータをバランス良く回転させることができる。

【0011】この場合、請求項5のように、電機子コイ

ルの相数を5相以上の奇数相とすると良い。このようにすれば、非通電相を1相にして通電相の相数を最大にした時に通電相の相数を偶数にすることができる、上記請求項4と同じく、ブラシレスモータをバランス良く回転させることができる。

【0012】また、例えば、4相以上の全波駆動方式のブラシレスモータでは、8個以上のスイッチング素子を必要とするため、請求項6のように、全てのスイッチング素子を1つのICチップに組み込んだ構成とすると良い。このようにすれば、部品点数を大幅に削減できて組立性を向上でき、一層の低コスト化が可能となる。

【0013】ところで、ブラシレスモータは、電機子コイルの通電によって発生する磁界とマグネットロータのマグネットの磁界との相互作用によって回転トルクを発生する。この回転トルクを効率良く発生させるには、通電相の電機子コイルに対してマグネットロータのN極とS極との境界部分を対向させる必要がある。

【0014】そこで、請求項7のように、マグネットロータの極数P（マグネットの数）とステータの極数M（突極の数）とモータ相数xとの関係を次のように設定すると良い。

$$\{(x-1)/x\}M \leq P \leq \{(x+1)/x\}M$$

（但しPは偶数、xは4以上の整数）

【0015】このようにすれば、x相のブラシレスモータで、同時に(x-1)相ずつ通電する場合でも、通電する全ての電機子コイルにマグネットロータのN極とS極との境界部分を対向させることができ、効率良く回転トルクを発生させてモータ効率を向上できると共に、トルクリップルを低減することができる。

【0016】更に、請求項8のように、ステータの極数Mをモータ相数xの偶数倍に設定し、マグネットロータの極数Pを4×m（但し mは自然数）に設定すると良い。このようにすれば、通電相の電機子コイルと、これに対向するマグネットロータのマグネットとの間に生じる磁気力が回転軸に対して対称となるため、マグネットロータに作用する磁気力を偶力とすることができます、マグネットロータの径方向に作用する力成分をキャンセルすることができる。これにより、回転軸の軸受に加わる荷重を小さくすることができて、耐久性を向上できると共に、回転軸の振れを防止できる。

【0017】以上説明した本発明のブラシレスモータは、種々の装置の駆動モータとして利用することができます、例えば、請求項9のように、車両の燃料ポンプの駆動モータとして用いれば、駆動回路の低コスト化により燃料ポンプを低コスト化できると共に、スイッチングノイズを小さくすることができ、スイッチングノイズによるラジオの雑音や車載電子部品の誤作動を防止することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明を車両の燃料ポンプ

に適用した一実施形態を図1乃至図6に基づいて説明する。燃料ポンプ11は、円筒ハウジング12内にポンプ部13とブラシレスモータ14とを組み込んで構成されている。ポンプ部13の構成を説明すると、円筒ハウジング12の一端部に圧入、かしめ等により固定されたポンプケーシング15とポンプカバー16とからポンプ室が構成され、このポンプ室内にインペラ17が収納されている。インペラ17は、ブラシレスモータ14の回転軸24に嵌着されている。

【0019】一方、ブラシレスモータ14は、例えば5相全波駆動方式のブラシレスモータであり、次のように構成されている。円筒ハウジング12内に円筒型のステータ19が嵌合固定され、このステータ19には、図2に示すように、例えば10個の突極20が形成されている。これら突極20には、A相～E相の5相の電機子コイルA21～E21が、A相、B相、C相、D相、E相の順序で2個ずつ装着され、各相の2個のコイルが回転

$$\{(x-1)/x\}M \leq P \leq \{(x+1)/x\}M \quad \dots (1)$$

$$M = 2 \times n \times x \quad (\text{但し } n \text{ は自然数}) \quad \dots (2)$$

$$P = 4 \times m \quad (\text{但し } m \text{ は自然数}) \quad \dots (3)$$

【0022】上記(1)式は、x相のブラシレスモータで、同時に(x-1)相ずつ通電する場合でも、通電する全ての電機子コイルにマグネットロータ23のN極とS極との境界部分を対向させるのに必要な条件である。また、上記(2)及び(3)式は、通電相の電機子コイルと、これに対向するマグネットロータ23のマグネット26との間に生じる磁気力を回転軸24に対して対称にする(偶力にする)のに必要な条件である。

【0023】図1に示すように、マグネットロータ23の回転軸24の一端は、軸受27を介してポンプケーシング15中心の軸受筒部28に回転自在に支持され、該回転軸24の他端を支持する軸受29は、円筒ハウジング12内に固定された軸受ホルダ30に組み付けられている。軸受ホルダ30には、5相全波駆動方式の駆動制御回路31(駆動制御手段)が組み付けられ、モータ駆動時には、この駆動制御回路31によって各相の電機子コイル21への通電が順次切り換えられる。円筒ハウジング12の駆動制御回路31側の開口部には、吐出口32を有するハウジングカバー33が嵌着されている。

【0024】ブラシレスモータ14によってポンプ部13のインペラ17が回転駆動されると、燃料タンク(図示せず)内の燃料がポンプカバー16の吸込み口(図示せず)からポンプ室内に吸い込まれ、ポンプケーシング15の吐出口(図示せず)から円筒ハウジング12内に吐出される。この燃料は、ステータ19とマグネットロータ23との間の隙間を流れてハウジングカバー33の吐出口32から燃料配管(図示せず)内に吐出され、燃料噴射弁(図示せず)へ送られる。

【0025】図4に示すように、各相の電機子コイルA21～E21はY結線されている。また、駆動制御回路

軸24に対して対称な位置(180°反対側の位置)に配置されていると共に、各相の2個のコイルが直列に接続されている(図3参照)。

【0020】以上のように構成した10極のステータ19の内周側には、マグネットロータ23が配置されている。このマグネットロータ23は、回転軸24に嵌着されたロータコア25と、このロータコア25の外周に接着等により固定された例えば8個の界磁用のマグネット26とから構成され、8個のマグネット26が、図2に示すように、N極とS極が交互に並ぶように配置されている。これにより、8極のマグネットロータ23が構成されている。

【0021】上述したマグネットロータ23の極数P(8極)とステータ19の極数M(10極)とモータ相数x(5相)は、次式(1)～(3)の条件を満たすように設定されている。

$$\{(x-1)/x\}M \leq P \leq \{(x+1)/x\}M \quad \dots (1)$$

$$M = 2 \times n \times x \quad (\text{但し } n \text{ は自然数}) \quad \dots (2)$$

$$P = 4 \times m \quad (\text{但し } m \text{ は自然数}) \quad \dots (3)$$

31は、エンジン制御回路(図示せず)から制御信号が入力される制御部35と、この制御部35の出力に基づいて各相の電機子コイルA21～E21への通電をスイッチングする駆動回路46とから構成され、駆動回路46は、10個のMOSFET36～45を1つのICチップに組み込んで構成されている。これら10個のMOSFET36～45は、2個ずつ対となってバッテリ電圧(+B)側とグランド側との間にブリッジ状に接続され、各対の2つMOSFETの中間接続点がY結線されたA相～E相のコイルA21～E21の一端に接続されている。

【0026】駆動制御回路31は、エンジン要求燃料量が多い時には、ブラシレスモータ14の運転モードを4相通電モードに切り換える。エンジン要求燃料量が少ない時には2相通電モードに切り換える。

【0027】4相通電モードでは、5相のうち4相の電機子コイルに並列経路で通電して、ブラシレスモータ14を駆動する。このとき、駆動制御回路31は、マグネットロータ23の回転位置を非通電相のコイルに誘導される誘導電圧により検出し、その検出信号に基づいて、図5に示すように、MOSFET36～45を順次スイッチングして、4相の電機子コイルに並列経路で通電する。例えば、図2(a)に示すように、マグネットロータ23の回転位置がA相、B相、C相、D相の電機子コイルA21、B21、C21、D21に通電する位置にある時は、MOSFET36, 38, 42, 44のみをオンして(図5のΦ)、A相コイルA21からD相コイルD21への通電経路と、C相コイルC21からB相コイルB21への通電経路で電源(+B)から並列に電流を流す。

【0028】このように、4相の電機子コイルを2相ずつ2つの通電経路に分けて並列に電流を流せば、各通電経路の電機子コイルにモータ全電流の1/2の電流が流れると共に、各MOSFET 36～45にモータ全電流の1/2の電流が流れる。

【0029】その後、マグネットロータ23の回転位置が図2(b)に示す位置に達すると、駆動制御回路31は、3つのMOSFET 36, 38, 42を引き続きオン状態に保持しながら、MOSFET 44をオフすると共にMOSFET 45をオンして(図5の④)、D相コイルD21に代えてE相コイルE21への通電に切り換える。これにより、A相コイルA21からE相コイルE21への通電経路と、C相コイルC21からB相コイルB21への通電経路で並列に電流を流す。

【0030】このようにして、マグネットロータ23の回転位置に応じて、並列経路のうち一方の通電経路において、それまでの2つの通電相のうちの1つをオフし、それまでの1つの非通電相をオンするように切り換えていくことで、通電相を順次、1相ずつ切り換えていく。

【0031】また、駆動制御回路31は、エンジン要求燃料量が少ない時に、ブラシレスモータ14の運転モードを2相通電モードに切り換える。この2相通電モードでは、5相のうち2相の電機子コイルのみに通電して、ブラシレスモータ14を駆動する。例えば、マグネットロータ23の回転位置が、図2(a)に示す位置にある時は、2つのMOSFET 36, 44のみをオンして、A相コイルA21とD相コイルD21のみに直列経路で通電する。

【0032】この2相通電モードでは、4相通電モードに比べて、ブラシレスモータ14全体としての通電経路のコイル抵抗値が約2倍となるため、ブラシレスモータ14に流れる電流が約1/2になって、モータトルクが約1/2になり、図6に示すようなモータ回転数特性が得られる。この結果、4相通電モードから2相通電モードに切り換えると、モータ回転数が低下し、燃料ポンプ11の吐出量が減少する。

【0033】更に、駆動制御回路31は、モータ起動時と過負荷時に、ブラシレスモータ14の運転モードを2相通電モードに切り換えて、モータ全体としての通電経路のコイル抵抗値を大きくする。これにより、モータ起動時や過負荷時のコイル電流がコイル抵抗値によって適度に抑えられ、MOSFET 36～45に大電流が流れることが防止される。

【0034】尚、上述した4相通電モードと2相通電モードの他に、3相の電機子コイルに通電する3相通電モードを設定して、ブラシレスモータ14の運転モードを3段階に切り換えるようにしても良い。

【0035】図7に示す従来の3相全波駆動方式のブラシレスモータは、電源(+B)から2相の電機子コイルに直列経路で電流が流れため、モータ全電流が、順

次、MOSFET 2～7に流れることになり、電流容量の大きい高価なMOSFETが必要となる。

【0036】これに対し、本実施形態の5相のブラシレスモータ14は、4相通電時に、4相の電機子コイルに2つの通電経路で電流が並列に流れため、各MOSFET 36～45に流れる電流が従来の3相全波駆動方式の1/2となり、その分、各MOSFET 36～45は電流容量の小さい安価な素子を使用できる。

【0037】ところで、本実施形態において、駆動回路46を構成する10個のMOSFET 36～45の電流容量をそれぞれKとすると、駆動回路46全体としては、 $K \times 10$ の電流容量が必要となる。これに対し、図7に示す従来の3相全波駆動方式では、駆動回路1を構成する6個のMOSFET 2～7にモータ全電流(本実施形態の2倍の電流)が流れるため、各MOSFET 2～7の電流容量をそれぞれ本実施形態の2倍($K \times 2$)とする必要があり、駆動回路1全体としては、 $K \times 2 \times 6 = K \times 12$ の電流容量が必要となる。従って、本実施形態では、駆動回路46全体としての電流容量を従来の3相全波駆動方式よりも小さくすることができ、駆動回路46全体を1チップ化する場合においても本実施形態の方が有利である。

【0038】また、従来の3相全波駆動方式では、2相の電機子コイルに直列経路で通電されるため、通電相の切換直後に、それまで通電されていなかった相の電機子コイルに通電を開始する際に発生する逆起電力により、瞬間に電流が0となってから2相の電機子コイルに流れ始める。このため、通電相切換時のモータ全電流の変化が大きくなり、スイッチングノイズが大きくなる。また、電流が0となる瞬間があるため、トルクリップルが大きくなる。

【0039】これに対し、本実施形態では、4相通電時に、電源(+B)から2つの通電経路に並列に通電するようにしたので、通電相を切り換える際に、一方の通電経路において、それまでの2つの通電相のうちの1つをオフし、それまでの1つの非通電相をオンするように切り換えることができる。このため、通電相切換時に、一方の通電経路の通電相のみが切り換えられるだけであり、これと並列となる他方の通電経路は、通電相が切り換えられず、コイル電流は変化しない。この結果、通電相切換時のモータ全電流の変化が従来の3相全波駆動方式のほぼ1/2となり、スイッチングノイズを小さくすることができる。この場合、電流が0となる瞬間がないため、トルクリップルを小さくすることができる。

【0040】しかも、通電相の相数を変えることで、モータ回転数を可変するようにしたので、PWM制御することなく、燃料ポンプ11の吐出量を可変制御するができる。従って、PWM制御による高周波のスイッチングノイズの発生も防止でき、前述した通電切換時のスイッチングノイズ減少効果と相俟って、スイッチングノイズ

を大幅に低減することができ、ラジオの雑音や車載電子部品の誤作動を防止することができる。

【0041】更に、本実施形態では、駆動回路46を構成する10個のMOSFET 36～45を1つのICチップに組み込んでいるので、部品点数を大幅に削減でき、組立性向上、低コスト化の要求も満たすことができ。尚、駆動回路46と制御部46とを1つのICチップに組み込んでも良いことは言うまでもない。

【0042】また、本実施形態では、マグネットロータ23の極数Pとステータ19の極数Mとモータ相数xを、 $\lfloor (x-1)/x \rfloor M \leq P \leq \lfloor (x+1)/x \rfloor M$ を満たすように設定しているため、x相のブラシレスモータで、同時に(x-1)相ずつ通電する場合でも、通電する全ての電機子コイルにマグネットロータ23のN極とS極との境界部分を対向させることができ、効率良く回転トルクを発生させてモータ効率を向上できると共に、トルクリップルを低減することができる。

【0043】しかも、ステータ19の極数Mをモータ相数xの偶数倍に設定し、マグネットロータ23の極数Pを $4 \times m$ （但し m は自然数）に設定したので、通電相の電機子コイルと、これに対向するマグネットロータ23のマグネット26との間に生じる磁気力を回転軸に対して対称にることができて、マグネットロータ23に作用する磁気力を偶力とすることができます。これにより、マグネットロータ23の径方向に作用する力成分をキャンセルできるため、回転軸24の軸受27に加わる荷重を小さくすることができて、耐久性を向上できると共に、回転軸24の振れを防止できて、滑らかな回転を実現できる。

【0044】尚、前述した式(1)～(3)を満たす範囲であれば、マグネットロータ23の極数Pやステータ19の極数Mを適宜変更しても、同じ効果を得ることができる。

【0045】また、本実施形態では、電機子コイルの相数を5相としたが、4相又は6相以上としても良く、好みしくは、5相以上の奇数相とすると良い。5相以上の奇数相とすれば、非通電相を1相にして通電相の相数を

最大にした時に通電相の相数を偶数にすることができるため、並列経路の一方の通電経路のコイル数と他方の通電経路のコイル数をそれぞれ同数とすることができて、2つの通電経路のコイル抵抗値、コイル電流を同一にすることでき、ブラシレスモータをバランス良く回転させることができる。

【0046】また、駆動回路46のスイッチング素子として、MOSFETに代えて、他のスイッチング素子を用いても良い。更には、駆動方式も全波駆動方式に限定されず、半波駆動方式としても良く、各相の電機子コイルA21～E21の結線もY結線に限定されない。

【0047】その他、本発明は、マグネットロータ23の回転位置をホール素子等の位置検出素子により検出し、その検出信号に基づいて通電相を切り換えるようにしても良い。また、本発明の適用範囲は、燃料ポンプ11の駆動モータに限定されず、種々の装置の駆動モータとして利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示す燃料ポンプの縦断面図

【図2】(a)と(b)はそれぞれマグネットロータの異なる回転位置における図1のA-A断面図

【図3】各相の電機子コイルの巻き方を説明する図

【図4】ブラシレスモータの電気的構成を示す回路図

【図5】4相通電モード時の各MOSFETの切換パターンを示す図

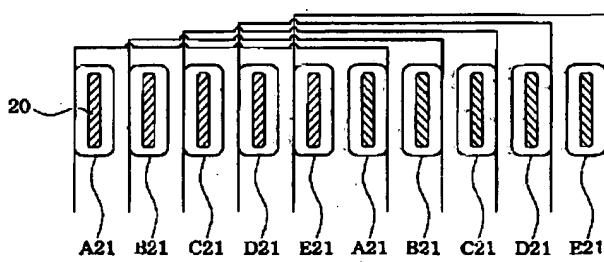
【図6】ブラシレスモータのトルク-回転数特性を示す図

【図7】従来の3相全波駆動方式のブラシレスモータの電気的構成を示す回路図

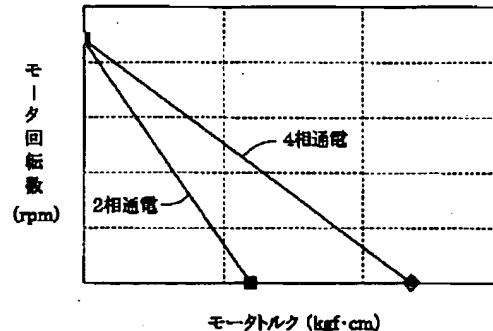
【符号の説明】

11…燃料ポンプ、13…ポンプ部、14…ブラシレスモータ、19…ステータ、23…マグネットロータ、26…マグネット、31…駆動制御回路（駆動制御手段）、35…制御部、36～45…MOSFET、46…駆動回路、A21、B21、C21、D21、E21…電機子コイル。

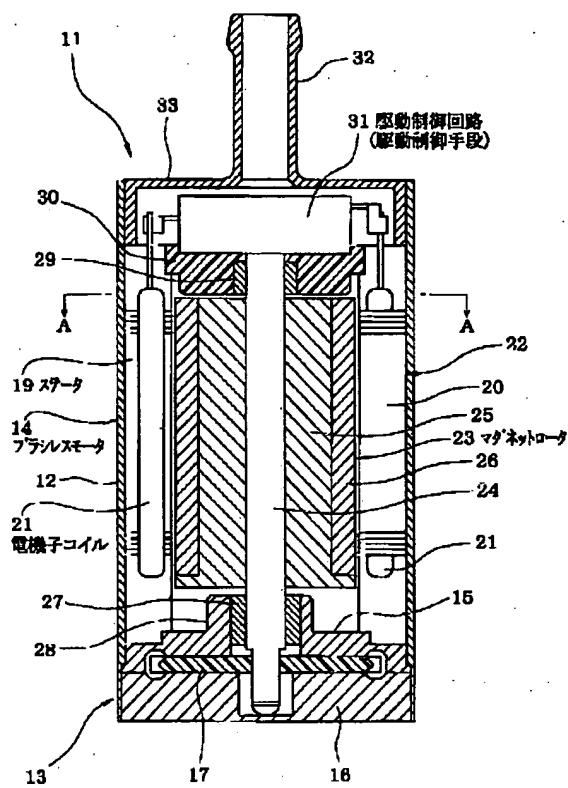
【図3】



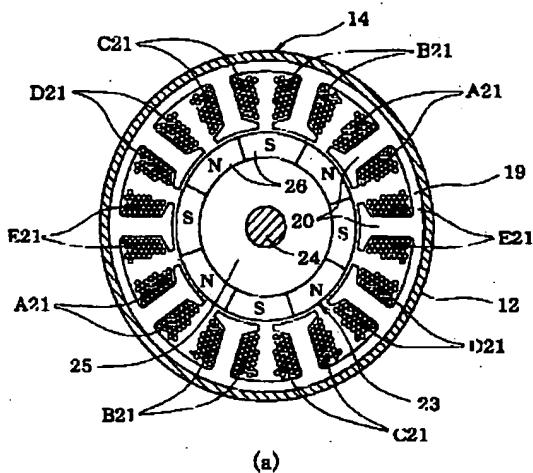
【図6】



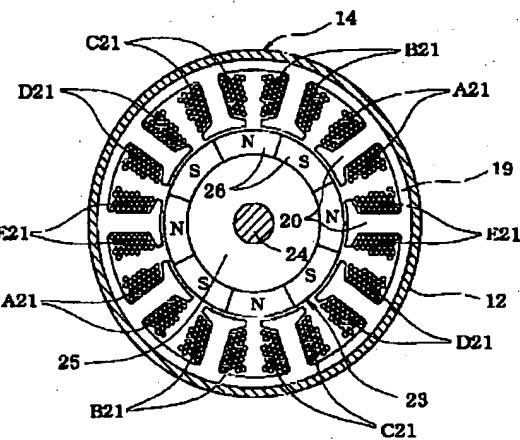
【図1】



【図2】

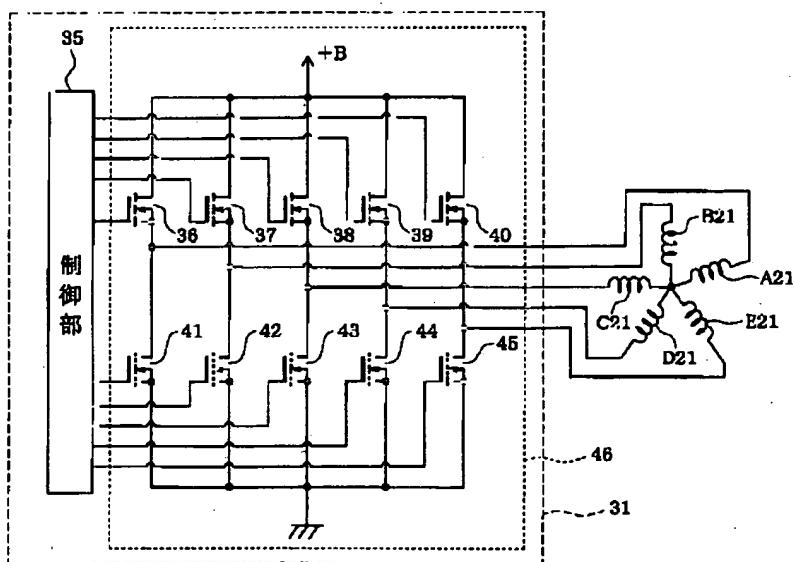


(a)

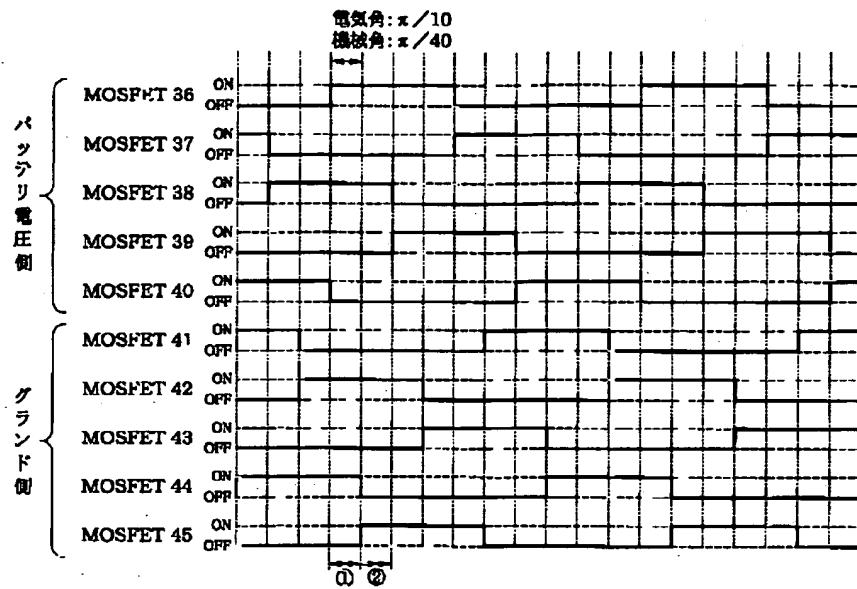


(b)

【図4】



【図5】



【図7】

